

平成22年 4月 1日現在

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2008～2009  
 課題番号：20740277  
 研究課題名（和文） 北太平洋西部亜寒帯域における渦の挙動とその生物生産場への影響  
 研究課題名（英文） Characteristics of eddies in the western subarctic North Pacific and their impact on biological production  
 研究代表者  
 上野 洋路（UENO HIROMICHI）  
 北海道大学・大学院水産科学研究院・助教  
 研究者番号：90421875

## 研究成果の概要（和文）：

衛星観測データ等を用いて、アリューシャン列島南岸で形成された高気圧性渦（アラスカンストリーム渦）の形成・伝播および北太平洋亜寒帯外洋域の生物生産場に与える影響を調べた。その結果、形成・伝播には、形成域の風応力場、海底地形が効いていること、また栄養塩に富む海水をアリューシャン列島海域から外洋域への輸送すること等により、アラスカンストリーム渦が亜寒帯外洋域のクロロフィル a 濃度分布に大きく寄与することが示唆された。

## 研究成果の概要（英文）：

Formation and propagation of Alaskan Stream eddies and their impact on the chlorophyll a (chl-a) distribution in the western and central subarctic North Pacific were investigated through analysis of satellite data. Formation and propagation were suggested to be affected by wind stress and bottom topography, respectively. Alaskan Stream eddies contributed significantly to the chl-a distribution in the deep-sea region of the subarctic North Pacific through chlorophyll/nutrient-rich water transport from the Aleutian Islands to the deep-sea region of the subarctic North Pacific.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学 気象・海洋物理・陸水学

キーワード：海洋物理・北太平洋亜寒帯域・海洋中規模渦

## 1. 研究開始当初の背景

北太平洋亜寒帯域（図1）の海洋変動は世界の気候変動に重要でありながら、冬季の悪天候による観測の少なさなどから十分な研究がなされてこなかった。しかし、衛星によ

る海洋観測が開始され、また、Argoフロートと呼ばれる自動観測装置の展開により、海面のみならず海面下の情報も準リアルタイムで取得できるようになってきた。また、本研究を開始した2008年は、衛星海面度観測開始から15年、衛星クロロフィル a 濃度観

測開始から 10 年を経過した時期にあたり、本研究で対象とした海洋中規模渦の統計的な議論を行うことが可能になってきた。そこで本研究では、海洋の熱・物質輸送に重要な海洋中規模渦に焦点を当てて北太平洋亜寒帯域の海洋変動研究を行った。

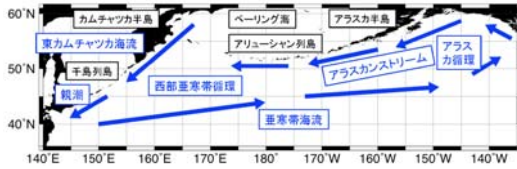


図 1：北太平洋亜寒帯域の模式図。

## 2. 研究の目的

北太平洋亜寒帯域東部のアラスカ循環では、多数の中規模高気圧性渦（直径数百キロの時計回り渦）が観測され、その物理的性質とアラスカ循環の物理・化学・生物環境への影響が研究されてきた。例えば Crawford (2002)、Whitney & Robert (2002)、Crawford et al. (2005) はアラスカ湾東岸で形成された高気圧性渦の大部分はアラスカ循環の中心部へ向かって西向きに伝播し、高温低塩かつ栄養塩・プランクトンを豊富に含む沿岸水を沖へ輸送することを指摘した。

それに対し、西部亜寒帯循環における渦研究は、これまで東カムチャツカ海流・親潮海域に限られていた（例えば Yasuda et al., 2000, Isoguchi & Kawamura, 2003）。最近では、Chelton et al. (2007) が西部亜寒帯循環北部に渦が存在することを指摘したが、西部亜寒帯循環内の渦の形成・伝播を総合的に調べた研究はなく、渦の海洋環境への影響も明らかになっていなかった。

本研究に先立ち、我々はアラスカ湾北西部で形成された渦がアラスカストリームに沿って西進し、西部亜寒帯循環に到達することを発見（図 2）、それらの渦（アラスカストリーム渦と命名）が西部亜寒帯循環の水温・塩分・循環場に影響を与えていることを指摘した。しかし、その形成・伝播メカニズムは明らかになっておらず、生物環境への影響に関しても調べられていなかった。

そこで本研究ではアラスカ湾北西部で形成され、西部亜寒帯循環へ到達するアラスカストリーム渦の形成・伝播メカニズムを調べ、その生物生産場への影響を明らかにすることを目的として研究を行った。

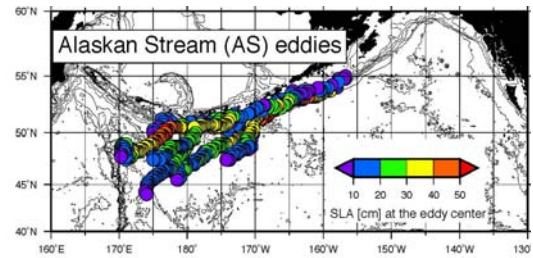


図 2：アラスカストリーム渦の軌跡。色は渦中心の海面高度アノマリを示す。

## 3. 研究の方法

中規模高気圧性渦の位置、大きさは AVISO (<http://www.avisooceanobs.com>) 提供の衛星海面高度アノマリデータを用いて推定した。渦の位置は、海面高度アノマリが極大になる点として定義した。また、海面高度アノマリが 5cm 以下の渦は除外した。渦の大きさは、Okubo-Weiss パラメータ (Okubo, 1970; Weiss, 1991) を用いて推定した。Okubo-Weiss パラメータは渦度とひずみから計算するパラメータで海洋中規模渦の検出と大きさの推定に近年広く用いられている (Isern-Fontanet et al., 2003, 2004, 2006; Chelton et al., 2007; Henson and Thomas, 2008)。Okubo-Weiss パラメータの使用により、渦のコアおよび渦周辺域を定義し、解析に用いた。

中規模高気圧性渦の形成には海面風応力が重要な役割を果たしていると考えられるため、NCEP-NCAR 提供の再解析風応力データ (Kalnay et al., 1996) を使用し、解析を行った。

中規模高気圧性渦の海洋生物生産に与える影響を調べるため、NASA 提供の SeaWiFS クロロフィル a 濃度データ (O' Reilly et al., 2000) を使用した。また、オレゴン州立大学提供の純一次生産データも併せて使用した。

## 4. 研究成果

衛星海面高度計データ及び再解析風応力データ解析の結果、アラスカストリーム渦は負の風応力カールによるアラスカストリームの離岸がきっかけとなって形成されていることが示唆された。

Thomson (1972) は線形摩擦境界総理論に基づいて、アラスカストリームは 160W 以西

でほとんど東西方向を向いており、南北流成分が弱いことから、惑星渦度供給が弱くなり、西岸境界流の渦度バランスが崩れ、その結果、アラスカストリームが離岸、高気圧性渦が形成される可能性を指摘した。渦形成域付近の風応力カールが負の時に離岸の可能性がさらに高まることから、渦形成時の風応力カールを調べたところ、5つ観測されたアラスカストリーム渦のうち4つが負か弱い正の風応力カール時に形成されたことが分かった。このことから風応力カールがアラスカストリーム渦の形成に寄与していると考えられた。

アラスカストリーム渦の軌跡情報をもとに、伝播速度に関する解析を行ったところ、伝播速度は海底斜度と高い相関を示し、地形性ベータ効果が渦の伝播に効いていることが示された。しかし、観測された伝播速度は地形性ロスビー波の分散関係から推定される伝播速度よりも遅くなっていた。その理由は沿岸域からの低密度水の流出や、アリューシャン列島海峡部からの低渦位水の流出に伴う非線形作用であると考えられた。

次に、アラスカストリーム渦の海面クロロフィル濃度への影響を検討した。渦が存在する場合と存在しない場合の平均海面クロロフィル濃度分布図を作成したところ、渦が存在しない場合はクロロフィル濃度がアラスカストリーム沿いのみで高く、北太平洋中西部沖合域では極めて低い値となった(図3上)。これは過去の研究でも指摘されている北太平洋亜寒帯域の生物生産の特徴を示す結果である。それに対して渦が存在する場合のみで平均した場合、高クロロフィル濃度は北太平洋中西部沖合域においても観測され(図3下)、アラスカストリーム渦が沖合域での生物生産に重要な役割を果たしていることが示唆された。

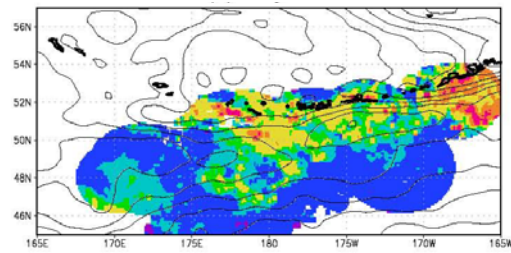
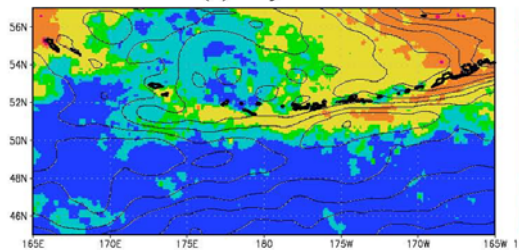


図3：(上)アラスカストリーム渦が存在しない場所・時間で平均した5-6月気候値クロロフィルa濃度分布 ( $\text{mg m}^{-3}$ ) および(下)アラスカストリーム渦が存在する場所・時間で平均した5-6月気候値クロロフィルa濃度分布 ( $\text{mg m}^{-3}$ )。

個々の渦とクロロフィル濃度分布との関係を調べてみたところ、アラスカストリーム渦の存在により高栄養塩・高クロロフィル濃度のアラスカストリーム水が南方へ運ばれ、北太平洋中西部沖合域に高クロロフィル濃度をもたらしていることが示された。特に渦が南北に連なった場合、高クロロフィル濃度分布の南方への張り出しは遠方に及ぶことが分かった(図4)。

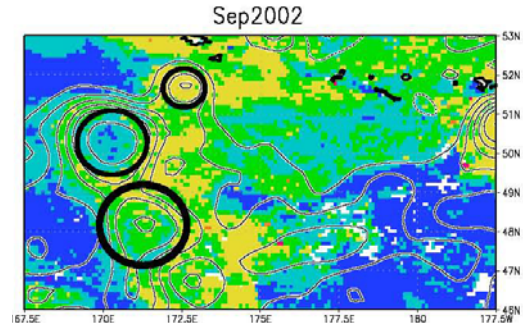


図4：2002年9月のクロロフィル濃度分布(カラー、 $\text{mg m}^{-3}$ )。コンターは絶対海面高度分布を示す。円は中規模高気圧性渦のおおよその位置を示したものの。

北太平洋亜寒帯域中西部外洋域の海面クロロフィルのうち、アラスカストリーム渦の内部・周辺域に存在する割合を調べたところ、5-7月は18.5%、8-9月は18.4%であり、アラスカストリーム渦内部・周辺域の占める面積(5-7月は13.4%、8-9月は16.1%)より有意に高いことが分かった。また、両者の差は、5-7月は5.1%、8-9月は2.3%であり、アラスカストリーム渦は

北太平洋亜寒帯域中西部外洋域の春季ブルームを強化することが示された。北太平洋亜寒帯域中西部外洋域の春季ブルームは基本的には弱いことが知られており、成層の強度が影響していることが指摘されている(Goes et al., 2004)。このことから、アラスカンストリーム渦は、水平移流による沿岸域の栄養塩・クロロフィルの外洋への輸送のみならず、成層強度を変えることによって北太平洋亜寒帯域中西部外洋域の春季ブルームに影響を与えていることが示唆された。

さらに、アラスカンストリーム渦が存在する場合としない場合で平均した純一次生産を調べたところ、渦が存在しない場合、高一次生産の海域はアリューシャン列島付近に限られていたが、渦が存在する場合は高生産海域が南方へ張り出していた。純一次生産のうち、アラスカンストリーム渦の内部・周辺域に存在する割合はその面積と比べて有意に高くはなかったが、アラスカンストリーム渦が純一次生産にも影響を与えていることが示唆された。

以上のように、本研究によりアラスカンストリーム渦の形成・伝播には、負の風応力カーネルおよび地形性ベータ効果が効いていること、そしてアラスカンストリーム渦は北太平洋亜寒帯域中西部外洋域の生物生産に重要な役割を果たしていることが示された。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Hiromichi Ueno, William Crawford, and Hiroji Onishi, Impact of Alaskan Stream eddies on chlorophyll a distribution in the western and central subarctic North Pacific, Journal of Oceanography, 査読有、印刷中
- ② Hiromichi Ueno, Howard Freeland, William R. Crawford, Hiroji Onishi, Eitarou Oka, Kanako Sato, and Toshio Suga, Anticyclonic eddies in the Alaskan Stream, Journal of Physical Oceanography, 査読有、39 巻、2009、934-951

[学会発表] (計7件)

- ① 上野洋路、2010 年度日本海洋学会岡田賞受賞記念講演-北太平洋亜寒帯の海洋構造と動態の解析研究-、2010 年度日本海洋学会春季大会、東京都、港区、2010 年3月28日
- ② Hiromichi Ueno, William R. Crawford, & Hiroji Onishi, Impact of Alaskan Stream eddies on chlorophyll distribution in the North Pacific, North Pacific Marine Science Organization (PICES) 2009 Annual Meeting、韓国・済州島、2009 年10月23日
- ③ 上野洋路・大西広二・伊藤幸彦・安田一郎・佐藤佳奈子「アラスカンストリームを西進する高気圧性渦:Yakutat06」2009 年度 日本海洋学会秋季大会、京都府、京都市、2009 年9月27日
- ④ William R. Crawford, Hiromichi Ueno, Howard Freeland, Hiroji Onishi, Eitarou Oka, Kanako Sato, and Toshio Suga, Anticyclonic eddies in the Alaskan Stream, IAMAS-IAPSO-IACS-Assembly-2009 (MOCA09), Montreal, Canada, 2009 年7月21日
- ⑤ Hiromichi Ueno, Howard Freeland, William R. Crawford, Hiroji Onishi, Eitarou Oka, Kanako Sato, and Toshio Suga, Anticyclonic eddies in the Alaskan Stream, 3rd Argo Science Workshop、中国、杭州、2009 年3月25日
- ⑥ Hiromichi Ueno, William R. Crawford, & Hiroji Onishi, Impact of Alaskan Stream eddies on chlorophyll distribution in the western and central subarctic North Pacific, North Pacific Marine Science Organization (PICES) 17th Annual Meeting、中国・大連、2008 年10月30日
- ⑦ 上野洋路・William R. Crawford・大西広二、アラスカンストリーム渦のクロロフィル分布への影響、2008 年度 日本海洋学会秋季大会、広島県、呉市、2008 年9月26日

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

上野 洋路 (UENO HIROMICHI)  
北海道大学・大学院水産科学研究院・助教  
研究者番号：90421875

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし